

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/CN04/001385

International filing date: 01 December 2004 (01.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: CN  
Number: 200410030729.X  
Filing date: 01 April 2004 (01.04.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 26 January 2005 (26.01.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

# 证 明

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 请 日： 2004. 04. 01

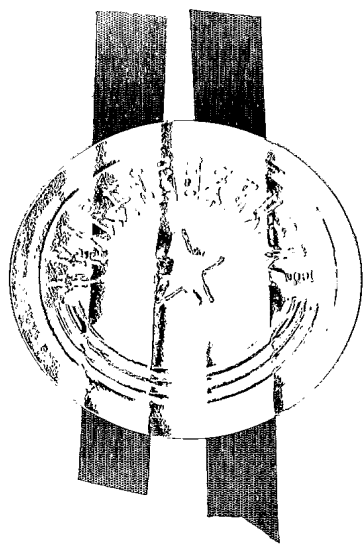
申 请 号： 200410030729X

申 请 类 别： 发明

发明创造名称： 一种基于垂直电流写入的磁随机存取存储器及其控制方法

申 请 人： 中国科学院物理研究所

发明人或设计人： 彭子龙、韩秀峰、赵素芬、王伟宁、詹文山



中华人民共和国  
国家知识产权局局长

王 景 川

2004 年 12 月 12 日

## 权利要求书

1、一种基于垂直电流写入的磁随机存取存储器的控制方法，其特征在于，磁随机存取存储器磁性薄膜存储单元 MFC 中的信息写入操作由一个平行于磁性薄膜存储单元 MFC 的电流以及另一个垂直于磁性薄膜存储单元 MFC、并流经该单元的电流所产生的磁场的共同作用来完成。

2、一种基于垂直电流写入的磁随机存取存储器，包括：

a) 晶体管 ATR (4) 单元构成的存储器控制单元阵列，该控制单元阵列集成在半导体衬底中；

b) 磁性薄膜存储单元 MFC (2) 构成的存储单元阵列；

c) 接触孔 (3e、3f) 与过渡金属层，所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 经由接触孔 (3f) 与过渡金属层和所述晶体管 ATR (4) 单元相连接；

d) 字线 WL (3d) 和位线 BL (3a)；

其特征在于：所述位线 BL (3a) 布置在所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 的上方、与之直接相连接并且与磁性薄膜存储单元 MFC (2) 的易磁化方向垂直。

3、按照权利要求 2 所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器，其特征在于，设置有限流机构，该限流机构可由二极管、三极管等构成；一个或多个限流机构与每一条位线 BL 连接设置在 MRAM 阵列的外围电路中。

4、按照权利要求 3 所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器，其特征在于，所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 的基本结构由两层磁性材料层以及介于两磁层之间的非磁性材料层构成，存储信息由其中一个磁性材料层的磁化状态来表示并保存。

5、按照权利要求 4 所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器，其特征在于，所述位线 BL (3a) 和所述字线 WL (3d) 相互垂直，所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 的易磁化方向与所述位线 BL (3a) 相互垂直。

6、按照权利要求 5 所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器，其特征在于，所述字线 WL (3d) 同时作为所述晶体管 ATR (4) 单元的栅极。

7、按照权利要求 6 中所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器，其特征在于，在读出信息的过程中，所述晶体管 ATR (4) 导通，读出电流由所述 BL (3a) 引入来获取所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 中存储的信息。

8、按照权利要求 2 至 7 任一所述的基于垂直电流写入的磁随机存取

存储器,其特征在于,内部金属布线层总共为两层,即所述位线 BL (3a) 所在层 (5d) 和所述过渡金属层 (3b) 与地线 GND (3c) 所在层 (5b)。

9、一种基于垂直电流写入的磁随机存取存储器,包括:

- a) 晶体管 ATR (4) 单元构成的存储器读写控制单元阵列,该读写控制单元集成在半导体衬底中;
- b) 磁性薄膜存储单元 MFC (2) 构成的存储单元阵列;
- c) 接触孔 (3e、3f);
- d) 字线 WL (3d) 和两条位线 BL1 (3a)、BL2 (3g);

其特征在于:还包括过渡金属层 (3b),所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 经由该过渡金属层 (3b) 和所述接触孔 (3f) 与所述晶体管 ATR (4) 单元相连接;所述 BL1 (3a) 和 BL2 (3g) 由绝缘介质隔离、在方向上相互平行,同时所述位线 BL2 (3g) 与所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 直接相连接。

10、按照权利要求 9 所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器,其特征在于,所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 的基本结构由两层磁性材料层以及介于两磁层之间的非磁性材料层构成,存储信息由其中一个磁性材料层的磁化状态来表示并保存。

11、按照权利要求 10 所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器,其特征在于,所述位线 BL1 (3a) 和 BL2 (3g) 的方向与所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 的易磁化方向垂直,且与所述字线 WL (3d) 的方向相互垂直。

12、按照权利要求 11 所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器,其特征在于,所述字线 WL (3d) 同时作为所述晶体管 ATR (4) 单元的栅极。

13、按照权利要求 12 所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器,其特征在于,在读出信息的过程中,所述晶体管 ATR (4) 导通,读出电流由所述位线 BL2 (3g) 引入来获取所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 中存储的信息。

14、按照权利要求 13 所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器,其特征在于,其写入操作过程由所述位线 BL1 (3a) 上平行于所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 的电流与所述位线 BL2 (3g) 引入的、垂直于磁性薄膜存储单元 MFC (2)、并流经所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 的电流的共同作用来完成。

15、按照权利要求 9 至 14 任一所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器,其特征在于,内部金属布线层总共为三层,即所述位线 BL (3a) 所在层、所述位线 BL (3g) 所在层以及所述地线 GND (3c) 与过渡金属层 (3b) 所在层。

16、一种基于垂直电流写入的磁随机存取存储器，包括：

- a) 晶体管 ATR (4) 单元构成的存储器读写控制单元阵列，该读写控制单元阵列集成在半导体衬底中；
- b) 磁性薄膜存储单元 MFC (2) 构成的存储单元阵列；
- c) 接触孔 (3e、3f)；
- d) 两条字线 WL1 (3d)、WL2 (3g) 和位线 BL (3a)；

其特征在于：所述字线 WL2 (3g) 与所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 直接相连接并与所述位线 BL (3a) 相互垂直。

17、按照权利要求 16 所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器，其特征在于，所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 的基本结构由两层磁性材料层以及介于两磁层之间的非磁性材料层构成，存储信息由其中一个磁性材料层的磁化状态来表示并保存。

18、按照权利要求 17 所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器，其特征在于，所述位线 BL (3a) 和所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 的易磁化方向垂直，且与所述位线 WL1 (3d)、WL2 (3g) 相互垂直。

19、按照权利要求 18 所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器，其特征在于，所述位线 BL (3a) 布置在所述字线 WL2 (3g) 的上方且与之绝缘隔离。

20、按照权利要求 19 所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器，其特征在于所述字线 WL (3d) 同时作为所述晶体管 ATR (4) 单元的栅极。

21、按照权利要求 20 所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器，其特征在于，在读出信息的过程中，所述晶体管 ATR (4) 导通，读出电流由所述字线 WL2 (3g) 引入来获取所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 中存储的信息。

22、按照权利要求 21 所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器，其特征在于，还包括过渡金属层 (3b)，所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 经由该过渡金属层 (3b) 和所述接触孔 (3f) 与所述晶体管 ATR (4) 单元相连接。

23、按照权利要求 22 所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器，其特征在于，其写入操作过程由所述位线 BL (3a) 上平行于所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 的电流与从所述字线 WL2 (3g) 引入的、垂直于磁性薄膜存储单元 MFC (2)、并流经所述磁性薄膜存储单元 MFC (2) 的电流的共同作用来完成。

24、按照权利要求 16 至 23 任一所述的基于垂直电流写入的磁随机存取存储器，其特征在于，内部金属布线层总共为三层，即所述位线 BL (3a) 所在层、所述字线 WL2 (3g) 所在层，以及所述地线 GND (3c)



04-04-01

8

与所述过渡金属层（3b）所在层。

# 说明书

## 一种基于垂直电流写入的磁随机存取存储器及其控制方法

### 5 技术领域

由最近发展起来的磁电阻效应多层薄膜可构成随机存取存储器 (RAM, Random Access Memory) 中的记忆单元, 这种 RAM 即是所谓的磁电阻随机存取存储器 (Magnetoresistive RAM), 简称 MRAM。本发明  
10 所涉及的是实现 MRAM 中信息写入的一种新方法。

### 背景技术

#### 一、MRAM 中的磁性薄膜存储单元 MFC (Magnetic Film Cell)

15 作为 MRAM 的存储单元, 磁性薄膜中至少包含这样的一个薄膜机构: [F1/NF/F2]。其中 F1 和 F2 表示两个磁性材料层, NF 表示非磁性材料层, NF 层介于 F1 层和 F2 层之间。F1 和 F2 中有且仅有一层的磁化方向被外界某层或数层的材料所固定 (称为被钉扎层), 因而不能在小的外磁场作用下随意变化; 而另外一层为软磁层, 其磁化方向可在小的外磁  
20 场作用下发生变化 (称为自由层)。非磁性材料层的厚度很小, 典型的厚度在 0.5nm 与 3.0nm 之间。以这样的磁性薄膜作为存储单元, 当 F1、F2 的磁化方向相同时, 磁性薄膜存储单元 MFC 表现出低的电阻状态; 而当 F1、F2 的磁化方向相反时, 磁性薄膜存储单元 MFC 则表现出高的电阻状态。

25 因此, 磁性薄膜存储单元 MFC 存在着两个稳定的电阻状态, 通过改变磁性薄膜存储单元 MFC 中自由层相对于被钉扎层的磁化方向, 即可使之记录信息; 而通过检测磁性薄膜存储单元 MFC 的电阻状态, 即可获取其保存的信息。

#### 二、典型的 MRAM 单元结构

30 目前通常采用的磁性薄膜存储单元 MFC 的结构如图 1 所示。该 MRAM 结构配置在半导体衬底上, 共需要三个金属布线层 M1、M2、M3 和一个过渡金属层 TM。除了读字线 RWL, 其地线 GND、写字线 WWL 和位线 BL 分别处于不同的金属布线层中。磁性薄膜存储单元 MFC 通过过渡金属层 TM、金属布线层 M2、M1 以及相关接触孔与晶体管 ATR 的漏区相连接, 而晶体管 ATR 的源区则和地线 GND 连接, 晶体管 ATR 的  
35 栅极同时也是读字线 RWL。

磁性薄膜存储单元 MFC 中信息的写入由位线 BL 和写字线 WWL 来协同完成。当位线 BL 和写字线 WWL 以一定的时序关系通过写入工作电

流时，两者的电流所产生的磁场的合成磁场将使磁性薄膜存储单元 MFC 中自由层的磁化方向翻转到特定的方向，该磁化方向在撤销位线 BL、写字线 WWL 的电流之后能够稳定在其两个稳定状态中被期望的一个状态。由此即实现了磁性薄膜存储单元 MFC 中信息的写入并保存。

5        读取磁性薄膜存储单元 MFC 中的信息则由读字线 RWL 来控制。在允许读取时，控制读字线 RWL 在一个合适的电平上，使得晶体管 ATR 导通。此时存在一个由位线 BL（金属布线层 M3）经磁性薄膜存储单元 MFC、过渡金属层 TM、接触孔、金属布线层 M2、接触孔、金属布线层 M1、接触孔、晶体管 ATR 漏区、晶体管 ATR 源区而至地线 GND 的电气通路。因此，由位线 BL 给一个合适的读电流，即可提取磁性薄膜存储单元 MFC 当前的电阻状态。由此即实现了磁性薄膜存储单元 MFC 中信息的读出。

15        如上所述，该种结构的 MRAM 需要多达三个的金属布线层以及一个过渡金属层来形成其电气连接，使得 MRAM 的制造工艺复杂、成本高。另外，在制造磁性薄膜存储单元 MFC 之前，衬底上已经经过了数次的沉积、布线、打孔、绝缘介质填埋等工艺操作，使得磁性薄膜存储单元 MFC 制造面的表面平整性较差，必须进行特殊的表面抛平工艺处理（比如化学机械抛光 CMP，Chemical-Mechanical Polishing）才能满足磁性薄膜存储薄膜对其衬底表面平整性的特殊要求，这也是一个增加工艺难度和制造成本的问题。

## 发明内容

25        为了解决上述的技术问题，本发明的目的是提供一种基于垂直电流写入的磁随机存取存储器的控制方法；本发明进一步地还提供基于本发明控制方法的存取存储器。

30        为达到上述目的，本发明一种基于垂直电流写入的磁随机存取存储器的控制方法具体为：磁随机存取存储器磁性薄膜存储单元 MFC 中的信息写入操作由一个平行于磁性薄膜存储单元 MFC 的电流以及另一个垂直于磁性薄膜存储单元 MFC、并流经该单元的电流所产生的磁场的共同作用来完成。

35        实现上述磁随机存取存储器的控制方法的一种磁随机存取存储器，包括：晶体管 ATR 单元构成的存储器读写控制单元阵列，该读写控制单元阵列集成在半导体衬底中；磁性薄膜存储单元 MFC 构成的存储单元阵列；过渡金属层，所述磁性薄膜存储单元 MFC 经由该过渡金属层和所述晶体管 ATR 单元相连接；以及字线 WL（Word Line）和位线 BL（Bit Line），所述字线 WL 同时也是所述晶体管 ATR 的栅极，所述位线 BL 布置在所



述磁性薄膜存储单元 MFC 的上方，与所述字线 WL 相互垂直，与所述磁性薄膜存储单元 MFC 直接相连，并且与磁性薄膜存储单元 MFC 的易磁化方向垂直。在 MRAM 阵列中的每一条所述位线 BL 上设置一个限流机构，它的作用是限定其所在电流通路所能经过的最大电流。

5 实现上述磁随机存取存储器的控制方法的另一种磁随机存取存储器，包括：晶体管 ATR 单元构成的存储器读写控制单元阵列，该读写控制单元阵列集成在半导体衬底中；磁性薄膜存储单元 MFC 构成的存储单元阵列；过渡金属层，所述磁性薄膜存储单元 MFC 经由该过渡金属层和所述晶体管 ATR 单元相连接；以及字线 WL 和两条位线 BL1、BL2，所述字线 WL 同时也是所述晶体管 ATR 的栅极，所述两条位线 BL1、BL2 布置在所述磁性薄膜存储单元 MFC 的上方，位线 BL1 与所述字线 WL 相互垂直，并且与磁性薄膜存储单元 MFC 的易磁化方向垂直，位线 BL2 与所述磁性薄膜存储单元 MFC 直接相连，并且由一绝缘层与位线 BL1 相互隔离。

15 实现上述磁随机存取存储器的控制方法的第三种磁随机存取存储器，包括：晶体管 ATR 单元构成的存储器读写控制单元阵列，该读写控制单元阵列集成在半导体衬底中；磁性薄膜存储单元 MFC 构成的存储单元阵列；接触孔与过渡金属层，所述磁性薄膜存储单元 MFC 经由该接触孔与过渡金属层和所述晶体管 ATR 单元相连接；以及两条字线 WL1、WL2 和位线 BL，所述字线 WL1 同时也是所述晶体管 ATR 的栅极，所述字线 WL2 与所述位线 BL 布置在所述磁性薄膜存储单元 MFC 的上方，所述位线 BL 与所述字线 WL2 相互垂直，并且与磁性薄膜存储单元 MFC 的易磁化方向垂直，字线 WL2 与所述磁性薄膜存储单元 MFC 直接连接，并且由一绝缘层与位线 BL 相互隔离。

25 本发明通过采用新的垂直电流写入方法，取消了现有技术中专门用于信息写入的一条字线，减少了金属布线层以及接触孔的数目，大大降低了 MRAM 结构的复杂性、制造工艺的难度及其成本。

## 附图说明

30

图 1 是现有技术的磁随机存取存储器 MRAM 单元结构的三维示意图；

图 2 是面平均分布垂直电流在面内产生的磁场矢量分布示意图；

图 3 是面随机分布垂直电流在面内产生的磁场矢量分布示意图；

35 图 4 是面趋肤分布垂直电流在面内产生的磁场矢量分布示意图；

图 5 是面分布垂直电流在面内产生的磁场与一恒定外磁场的合成磁场矢量在面内的分布示意图；

图 6 是合成磁场矢量与特征翻转曲线相互关系的示意图;

图 7 是本发明采用垂直电流写入方式的磁随机存取存储器实施例 1 的 MRAM 单元结构示意图;

图 8 是本发明的实施例 1 的 MRAM 单元结构的第一剖视图;

5 图 9 是本发明的实施例 1 的 MRAM 单元结构附加位线电流限流机构的整体示意图;

图 10 是本发明中垂直写入电流与平行写入电流在磁性薄膜存储单元 MFC 处产生的空间磁场示意图;

10 图 11 是本发明采用垂直电流写入方式的磁随机存取存储器实施例 2 的 MRAM 单元结构示意图;

图 12 是本发明的实施例 1 的 MRAM 单元结构的第一剖视图;

图 13 是本发明采用垂直电流写入方式的磁随机存取存储器实施例 2 之变形例的 MRAM 单元结构示意图;

15 图 14 是本发明的实施例 2 之变形例的 MRAM 单元结构的第一剖视图。

## 具体实施方式

下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

20

### MRAM 中垂直电流写入方法:

25 本方法所谓的垂直电流指的是与磁性薄膜存储单元 MFC 的表面垂直且经过单元的电流,该电流毫无疑问也将在磁性薄膜存储单元 MFC 内产生磁场。并且,由于该电流流经磁性薄膜存储单元 MFC 内部,因此可由相对较小的电流产生较大的磁场。

30 由于磁性薄膜存储单元 MFC 是一种多层膜结构的磁性单元,在其制备过程中可因工艺的不可控因素而引入单元中电阻率分布的不均匀。因此,该垂直电流在流经单元时,理论上可存在点分布、面分布的电流密度分布形式,前者指电流强度集中于一个或者几个尺度极微小的点上流经磁性薄膜存储单元 MFC,这往往是由于单元的薄膜本身具有极大的不均匀性所引起,而这样的单元也不宜作为存储单元来工作,故而点电流的分布可以不予考虑。在面内分布的电流一般也有几种可能,比如面内平均分布、面内不均匀随机分布等,高频电流时通常的趋肤电流在这里  
35 也可看作一种面内的不均匀分布。

以一个矩形平面为例,计算表明面平均、随机、趋肤分布的电流产生的磁场分布如图 2、3、4 所示(→表示磁场矢量),可见它们基本上呈现以平面中心为中心的环行分布。如果在该环行分布的磁场上再叠加一



个强度再大一些的恒定外场，则合成磁场在面内的分布使呈以外场方向为中心的某一张角范围内取向的分布，以趋肤分布为例，如图 5 所示。显然，该取向的张角通过调整经过单元的电流大小以及外加恒定磁场强度的大小可以调节。

5 如果把图 2 至 5 中的平面看作是磁性薄膜存储单元 MFC 的自由层平面（平面形状不一定局限于矩形，圆形或椭圆等形状均可），再把磁性薄膜存储单元 MFC 剖分成若干个更小的、均匀磁化的剖分单元，则如果磁性薄膜存储单元 MFC 性质一致，那么各剖分单元都将在相同的翻转磁场下实现磁化翻转，即它们的特征翻转曲线是一致的。因此，比较各剖分  
10 单元所在位置处的合成的磁场矢量是否落于单元特征翻转曲线的外部，即可判断该剖分单元能否在该合成磁场下实现磁化翻转。而如果磁性薄膜存储单元 MFC 中的全部或大部分剖分单元能够在该合成磁场下实现翻转，那么，在合成磁场撤除之后，该存储单元的磁化方向也将实现翻转，也即实现信息的写入。计算表明，通过适当调整垂直电流以及外部恒定  
15 磁场的大小，可以实现使大部分剖分单元处的合成磁场矢量落于特征翻转曲线的外部，如图 6 所示（其中， $\rightarrow$  表示合成磁场矢量，x 轴和 y 轴的单位为 Oe）。因此，采用垂直电流作为实现写入操作的合成磁场的一部分是一种可行的方法。

#### 20 实施例 1:

如图 7、图 8 所示，MRAM 存储器中的磁性薄膜存储单元 MFC 阵列由大量的 MRAM 单元 1 组合而成，在一个 MRAM 单元 1 中，包括一个磁性薄膜存储单元 MFC2、晶体管 ATR 4、过渡金属层 3b、接触孔 3e 与  
25 3f 和一组布线，即：位线 BL 3a、字线 WL 3d 以及地线 GND 3c。磁性薄膜存储单元 MFC2 与晶体管 ATR 4 通过过渡金属层 3b 相互连接。在布局上将位线 BL 3a 布置在磁性薄膜存储单元 MFC2 的上方并且与磁性薄膜存储单元 MFC2 直接相连，同时与磁性薄膜存储单元 MFC2 的易磁化方向相互垂直。

30 如图 8 所示，整个 MRAM 单元 1 由若干层 5a、5b、5c、5d、5e 构成，这些层中的非功能区域由绝缘掩埋介质填埋。在 MRAM 单元 1 中金属布线层仅有两层 5b、5d，即位线 BL 3a 所在层 5d 及地线 GND 3c、过渡金属层 3b 所在层 5b。磁性薄膜存储单元 MFC2 布置在位线 BL 3a 的下方且其上部电极与位线 BL 3a 直接相连接；磁性薄膜存储单元 MFC2 的  
35 下部电极通过过渡金属层 3b、接触孔 3f 与晶体管 ATR 4 的漏极 4c 相连接。磁性薄膜存储单元 MFC2 中的自由层的易磁化轴与位线 BL 3a 的长边方向相互垂直。



为了使写入操作过程中位线 BL 3a 上的电流能够有适当大小的一部分电流分流至由磁性薄膜存储单元 MFC2 到地线 GND 3c 的通路，需要在 MRAM 阵列中的每一条位线 BL 上设置一个或几个限流机构，如图 9 所示为设置一个限流机构的示意图。这样，当位线 BL 上的电流小于限流机构的限定电流，即  $I \leq I_s$ ，几乎全部的电流都从位线 BL 通过而没有流经磁性薄膜存储单元 MFC 的分流。 $I_s$  的具体大小由磁性薄膜存储单元 MFC 的磁化翻转特性参数来确定，并且使大小为  $I_s$  的电流产生的磁场不能导致磁性薄膜存储单元 MFC 的磁化翻转。当  $I > I_s$  时，在限流机构的作用下使  $I_1 = I_s$  且  $I_1 + I_2 = I$ ，这时就存在两个互相垂直的电流  $I_1$  和  $I_2$ ，前者与磁性薄膜存储单元 MFC 的表面平行，而后者与磁性薄膜存储单元 MFC 的表面垂直。由这电流  $I_1$  和  $I_2$  产生的磁性薄膜存储单元 MFC 自由层处的磁场如图 10 所示 ( $I_2$  的分布以点电流分布为例)。由电流  $I_1$  产生的磁场在磁性薄膜存储单元 MFC 的易磁化轴方向上，而由电流  $I_2$  产生的磁场则是磁性薄膜存储单元 MFC 自由层面内的环形磁场，由背景技术部分的论述可知，在这样的合成磁场作用下，可以实现磁性薄膜存储单元 MFC 的磁化翻转，即 MRAM 中信息的写入。这时  $I_2 = I - I_1 = I - I_s$ ，它的大小也由磁性薄膜存储单元 MFC 的磁化翻转特性参数来确定，并且使大小为  $I_2$  和  $I_s$  的电流产生的合成磁场能够导致磁性薄膜存储单元 MFC 的磁化翻转。对于 MRAM 阵列外部的驱动电流而言，本实施例的 MRAM 的写入电流只有一个，即  $I = I_s + I_2$ 。

由此，以图 7、图 8 所示单元为例，在 MRAM 的寻址读出操作中，首先是被选择的字线 WL 3d 给一个适当的电平以使晶体管 ATR 4 处于导通状态，然后是被选择的位线 BL 3a 上导入一个读出电流，则读出电流由位线 BL 3a 经磁性薄膜存储单元 MFC2、过渡金属层 3b、接触孔 3f、晶体管 ATR 漏极 4c、晶体管 ATR 源极 4a、接触孔 3e 而达地线 GND 3c，从而获取磁性薄膜存储单元 MFC2 当前的电阻状态，即 MRAM 单元 1 中所存储的数据；在 MRAM 的寻址写入操作中，首先也是被选择的字线 WL 3d 给一个适当的电平以使晶体管 ATR 4 处于导通状态，然后在位线 BL 3a 上导入写入电流。在限流机构的作用下该写入电流被分成平行于被选择磁性薄膜存储单元 MFC2 的分流  $I_1$  和垂直于被选择磁性薄膜存储单元 MFC2、并且流经被选择磁性薄膜存储单元 MFC2 到 GND 3c 的分流  $I_2$ ，它们产生的合成磁场将导致磁性薄膜存储单元 MFC 的磁化翻转，也即完成了数据的写入。

位线 BL 上的限流机构可以设置并集成在 MRAM 阵列的外围电路中，它可由二极管、三极管等构成。

## 实施例 2:

如图 11、图 12 所示，在一个 MRAM 单元 1 中，包括一个磁性薄膜存储单元 MFC2、晶体管 ATR 4、过渡金属层 3b、接触孔 3e 与 3f 和一组布线，即位线 BL1 3a、位线 BL2 3g、字线 WL 3d 以及地线 GND 3c。

5 磁性薄膜存储单元 MFC2 与晶体管 ATR 4 通过过渡金属层 3b 相互连接。在布局上，将位线 BL1 3a、BL2 3g 布置在磁性薄膜存储单元 MFC2 的上方并且位线 BL2 3g 与存储单元 2 直接相连，同时与单元 2 的易磁化轴相互垂直；位线 BL1 3a 与 BL2 3g 由绝缘层 5e 隔离，并且两者彼此平行。

如图 12 所示，整个 MRAM 单元 1 由若干层 5a、5b、5c、5d、5e、10 5f、5g、构成，这些层中的非功能区域由绝缘掩埋介质填埋。在 MRAM 单元 1 中金属布线层有三层 5b、5d 和 5f，即位线 BL1 3a 所在层 5f、位线 BL2 3g 所在层 5d 及地线 GND 3c、过渡金属层 3b 所在层 5b。磁性薄膜存储单元 MFC2 布置在位线 BL1 3a、BL2 3g 的下方且其上部电极与位线 BL2 3g 直接相连接；磁性薄膜存储单元 MFC2 的下部电极通过过渡金

15 属层 3b、接触孔 3f 与晶体管 ATR 4 的漏极 4c 相连接。磁性薄膜存储单元 MFC2 中的自由层的易磁化方向与位线 BL1 3a、BL2 3g 的长边方向相互垂直，位线 BL1 3a 与 BL2 3g 相互平行。

在本实施例的寻址读出操作中，首先是被选择的字线 WL 3d 给一个适当的电平以使晶体管 ATR 4 处于导通状态，然后是被选择的位线 BL2 20 3g 上导入一个读出电流，则读出电流由位线 BL2 3g 经磁性薄膜存储单元 MFC2、过渡金属层 3b、接触孔 3f、晶体管 ATR 漏极 4c、晶体管 ATR 源极 4a、接触孔 3e 而达地线 GND 3c，从而获取磁性薄膜存储单元 MFC2 当前的电阻状态，即 MRAM 单元 1 中所存储的数据；在寻址写入操作中，首先也是被选择的字线 WL 3d 给一个适当的电平以使晶体管 ATR 4 处于

25 导通状态，然后在位线 BL1 3a、BL2 3g 上以一定的时序关系导入各自的写入电流。位线 BL1 3a 上的电流平行于被选择磁性薄膜存储单元 MFC2，位线 BL2 3g 上的电流将流经被选择磁性薄膜存储单元 MFC2 而到达 GND 3c，它们产生的合成磁场将导致磁性薄膜存储单元 MFC2 的磁化翻转，也即完成了数据的写入。

30

## 实施例 2 之变形例：

如图 13、图 14 所示，本变形例将实施例 2 中的位线 BL2 3g 的方向从与位线 BL1 3a 平行改为与字线 WL 3d 平行。本例中以字线 WL2 来命名，同时将原来的字线改为 WL1 以示区别。其它部分的结构都与实施例 35 2 中所述基本一致，这里不再赘述。

在本变形例的寻址读出操作中，首先是被选择的字线 WL1 3d 给一个适当的电平以使晶体管 ATR 4 处于导通状态，然后是被选择的字线

WL2 3g 上导入一个读出电流，则读出电流由字线 WL2 3g 经磁性薄膜存储单元 MFC2、过渡金属层 3b、接触孔 3f、晶体管 ATR 漏极 4c、晶体管 ATR 源极 4a、接触孔 3e 而达地线 GND 3c，从而获取磁性薄膜存储单元 MFC2 当前的电阻状态，即 MRAM 单元 1 中所存储的数据；在寻址  
5 写入操作中，首先也是被选择的字线 WL1 3d 给一个适当的电平以使晶体管 ATR 4 处于导通状态，然后在位线 BL 3a、字线 WL2 3g 上以一定的时序关系导入各自的写入电流。位线 BL 3a 上的电流平行于被选择磁性薄膜存储单元 MFC2，字线 WL2 3g 上的电流将流经被选择磁性薄膜存储单元 MFC2 而到达 GND 3c，它们产生的合成磁场将导致磁性薄膜存储单元  
10 MFC2 的磁化翻转，也即完成了数据的写入。

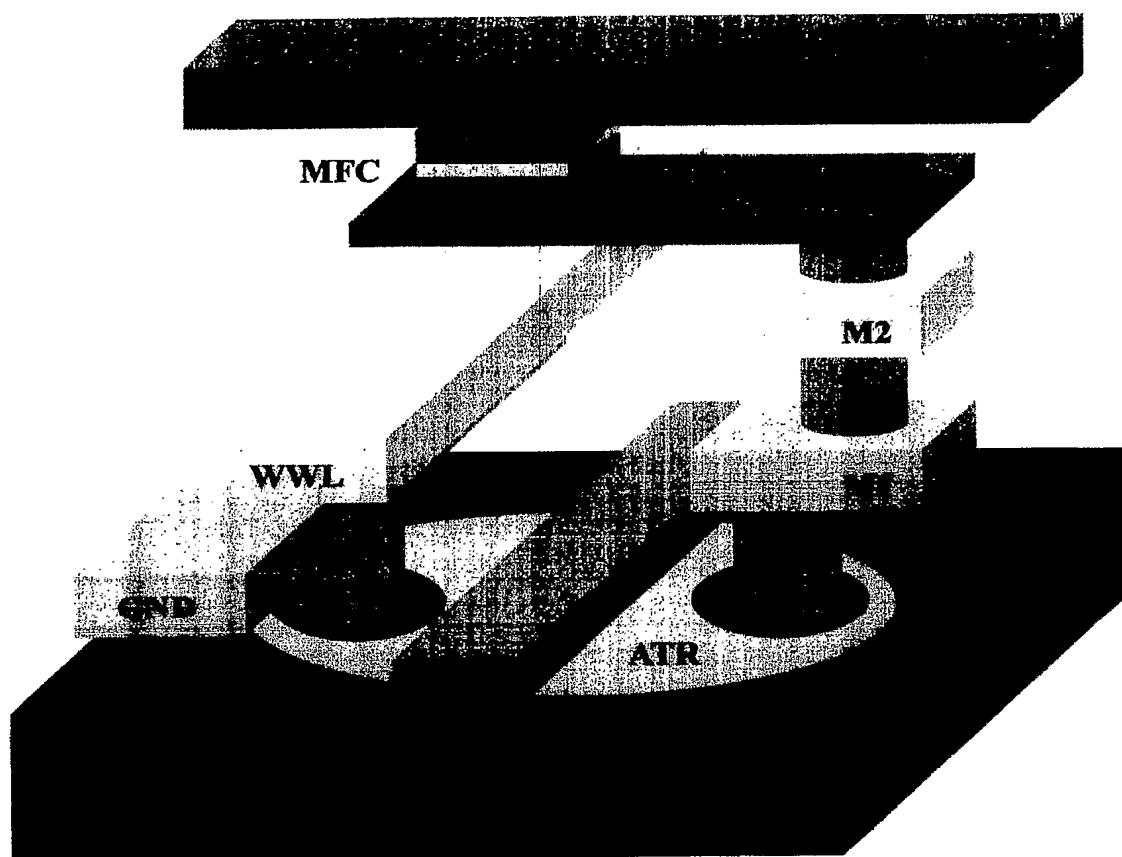


图 1

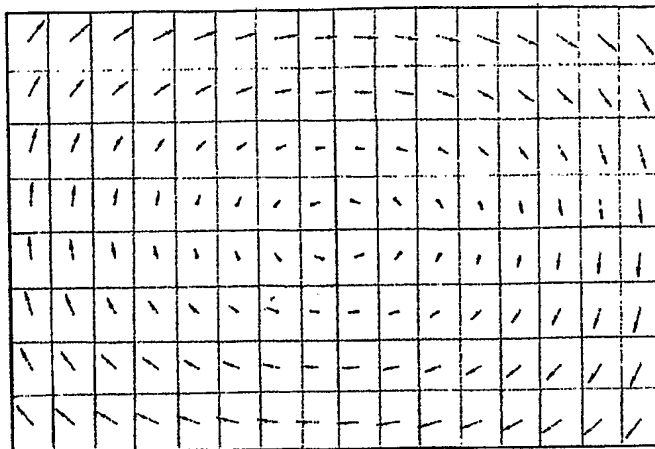


图 2

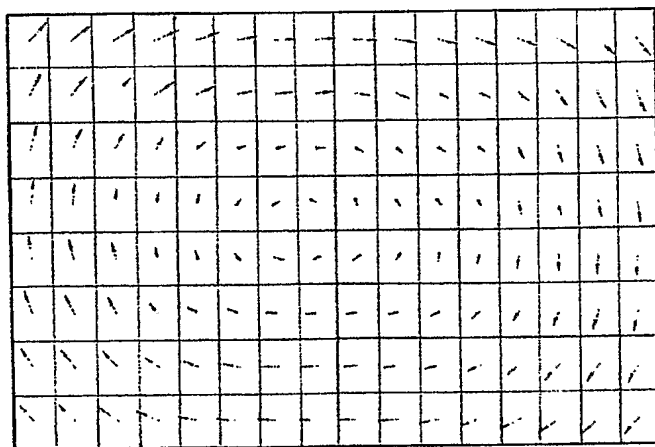


图 3

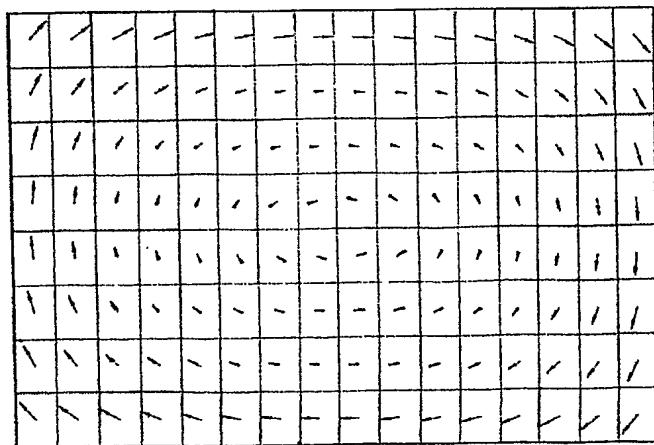


图 4



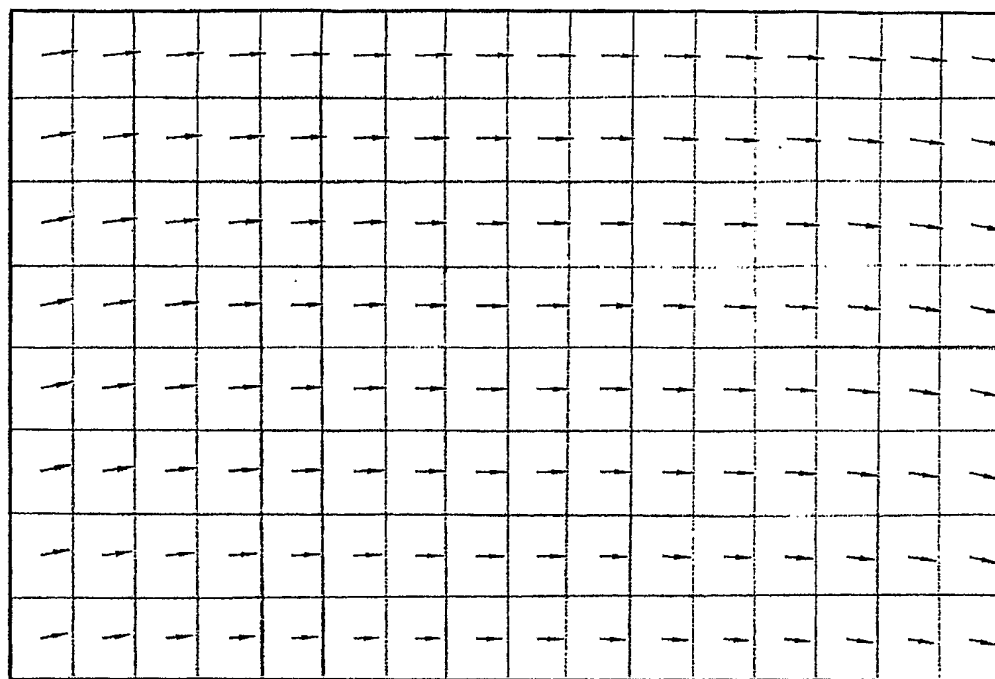


图 5

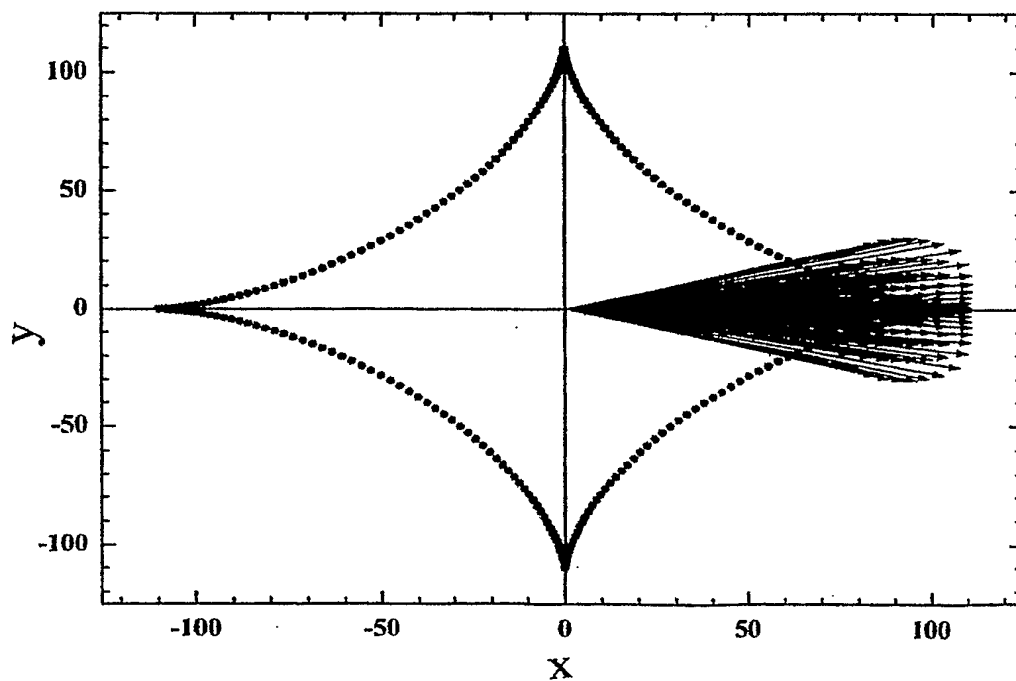


图 6

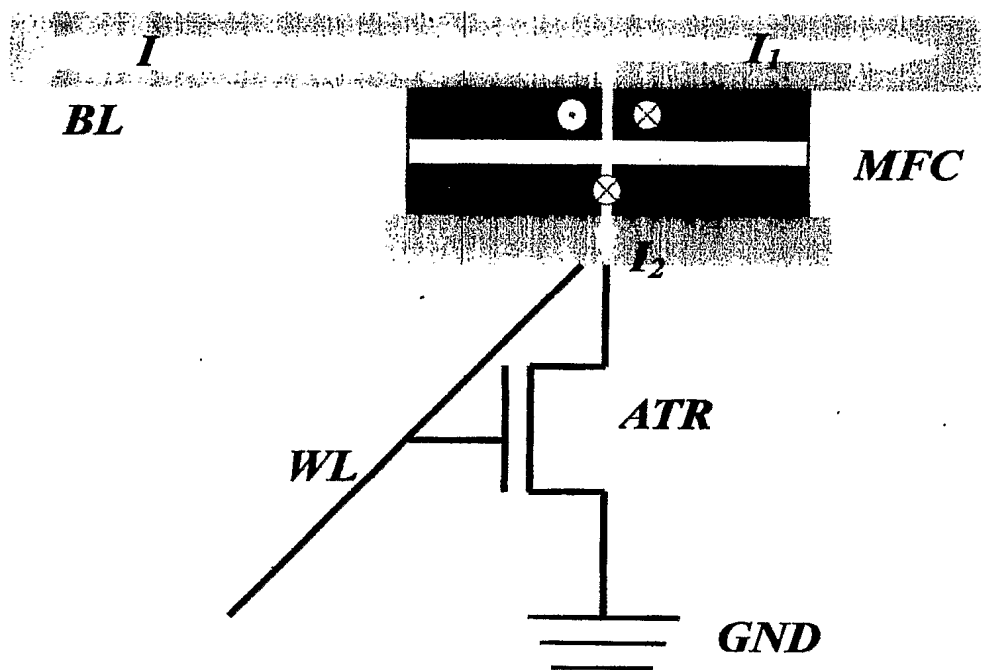


图 7

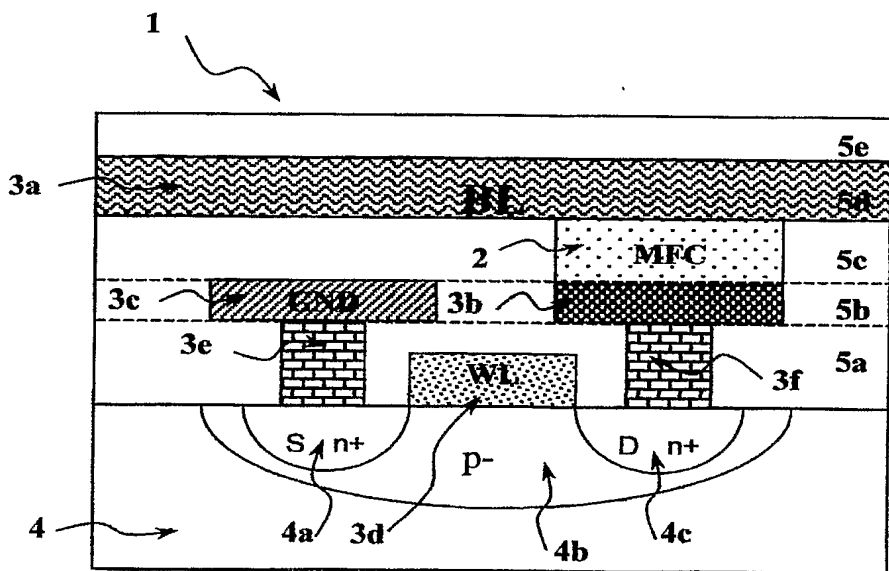


图 8

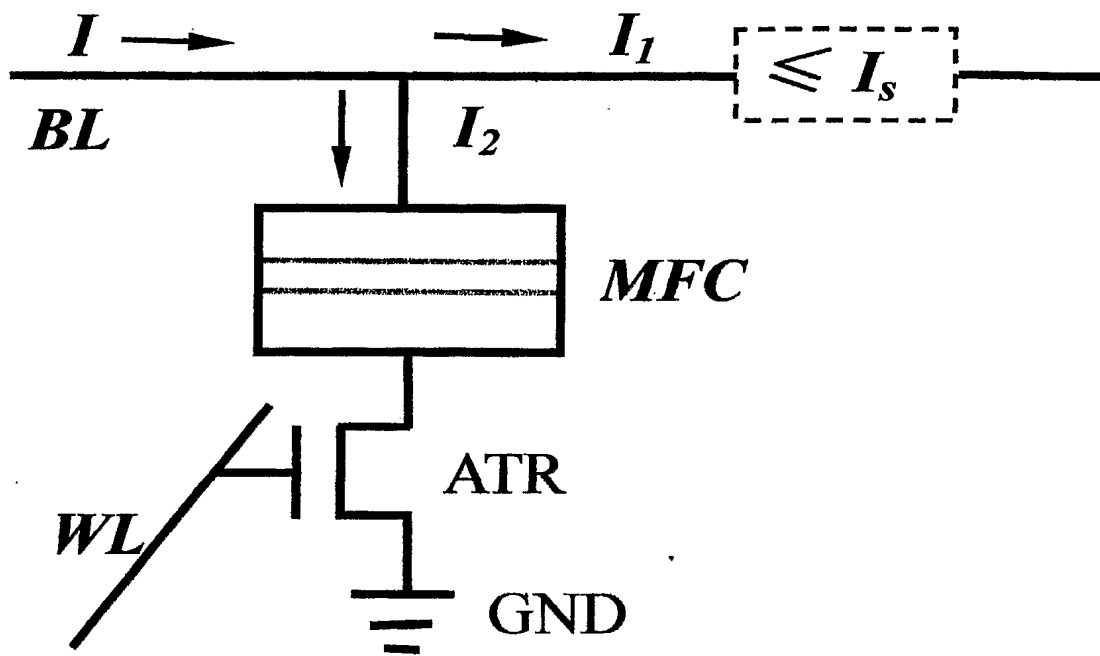


图 9

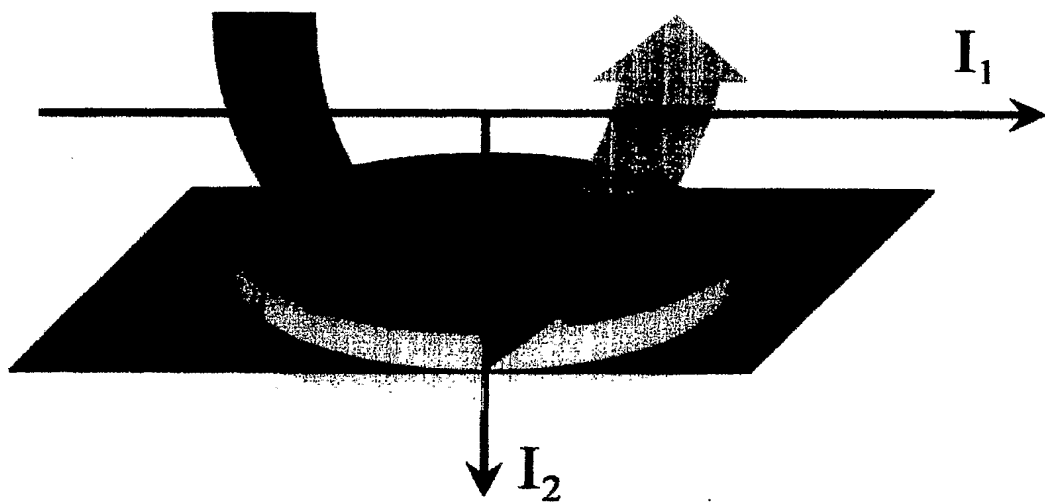


图 10

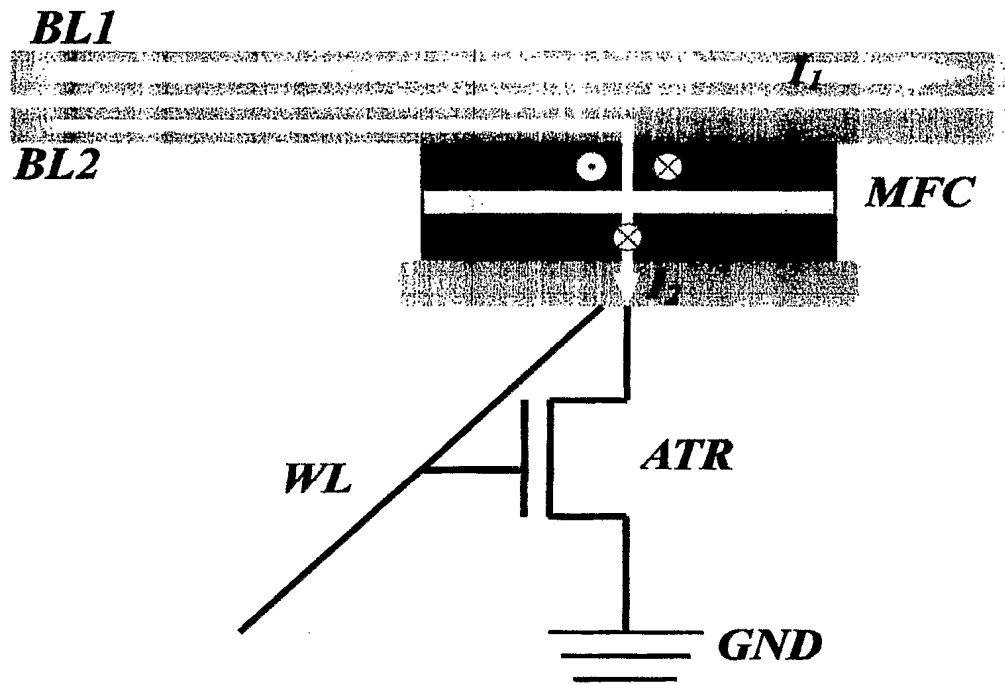


图 11

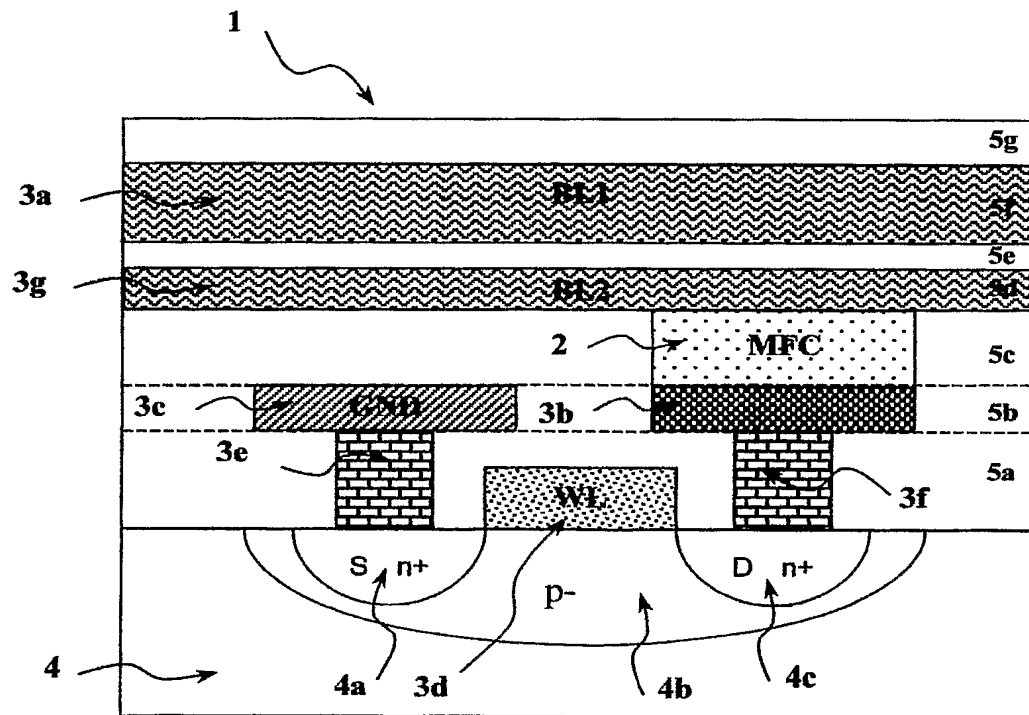


图 12

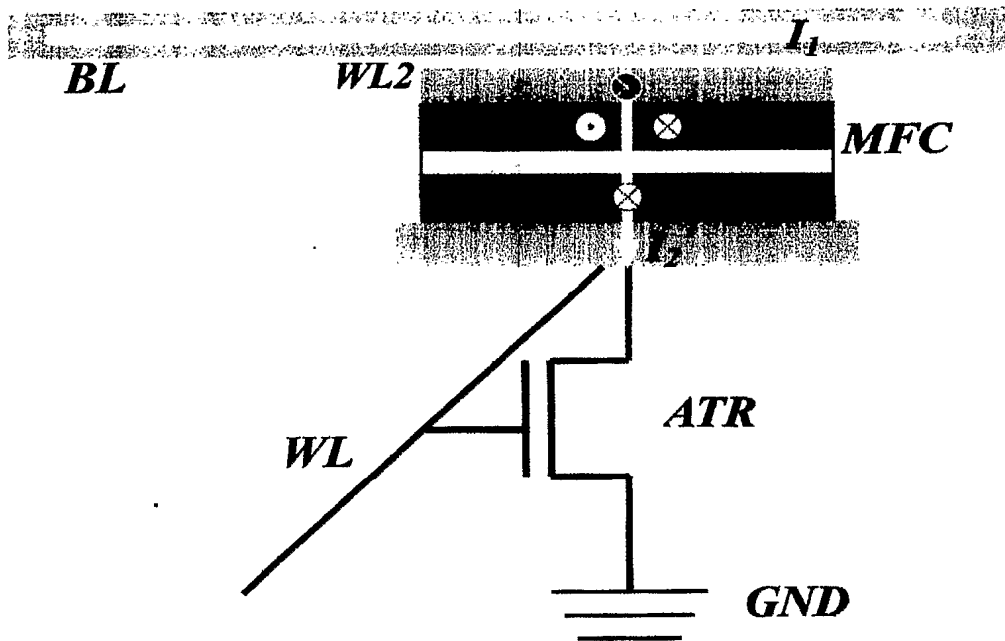


图 13

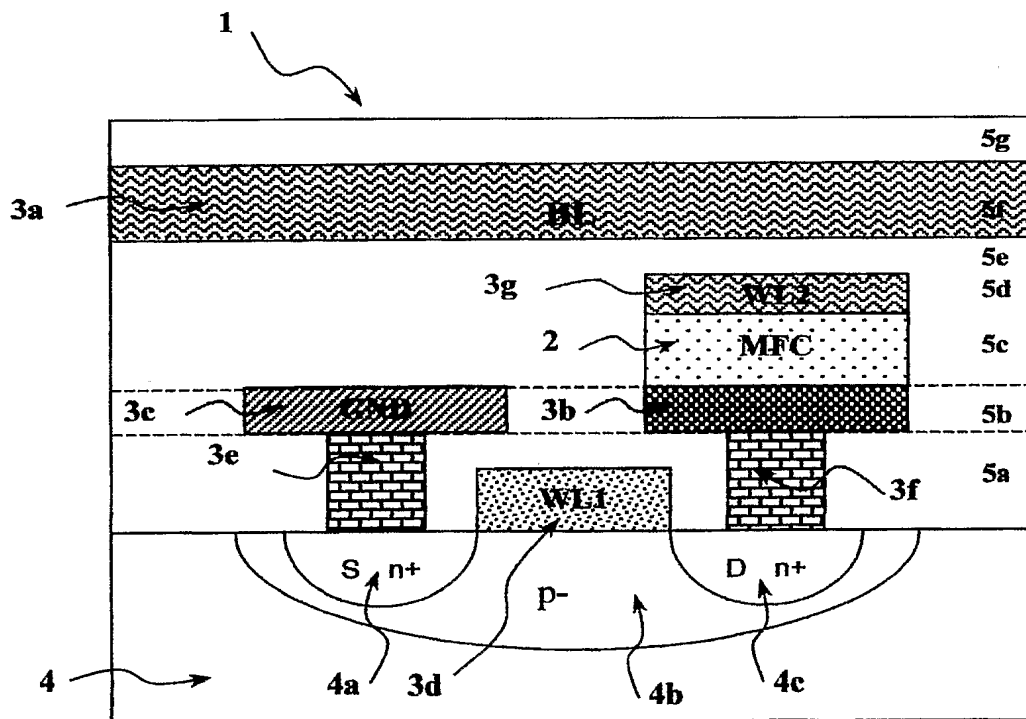


图 14